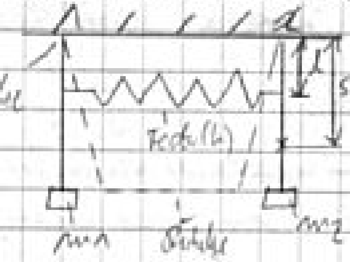
Versuch 17: Gekoppelte Schwingungen

Name: Georg Dietrich Datum: 20.6.02
Mitarbeiter: René [illegible], Markus [illegible] Praktikumsgruppe: 456
Betreuer: Robert [illegible]

Aufgabenstellung: - Schwebungsfrequenz der gekoppelten Pendel ist als Fkt. der Kopplungslänge direkt/indirekt zu messen
- Ergebnisse sind mit idealisierten Voraussagen zu vgl.

Versuchsaufbau:



s_1: Abstand Massenmittelpkt. von Drehachse

Experiment: - geg. 2 phys. Pendel, die nur in einer gemeinsamen Ebene schwingen
- beide Pendel auf gleiche Schwingungsdauer justieren
→ mittels ver. Trimmmuttern, messen von T über langen Zeitraum
- Pendel werden mit Schraubenfeder verbunden, welche in ver. Abstand l von Drehachse befestigt werden kann
- ermitteln von T, T' (gleich- / gegensinnige Schwingungsdauer der Fundamentalschwingung) und Schwebungsdauer τ für versch. Abstände l der Feder

τ ... zeitl. Abstand zw. Nulldurchgänge der Amplitude eines Pendels
- ermittelte f-Werte als Fkt. von l^2 graphisch darstellen
- theor. Zusammenhang zum Vergleich ins Diagramm eintragen

$$\bar{f} = \frac{1}{T}\left(\sqrt{1 + \frac{2kl^2}{mgs_1}} - 1\right)$$

Auswertung:

l/m	τ/s	T'/s	T/s	δ_1/s^{-1}	δ_2/s^{-1}	δ_3/s^{-1}
0,1	94	1,3	1,31	0,0106	0,00587	0,00222
0,2	24,91	1,25	1,31	0,0401	0,0366	0,00885
0,4	0,668	1,1	1,31	0,1497	0,1457	0,0348

mit $\delta_1 = \frac{1}{\tau}$

$$\delta_2 = \frac{1}{T'} - \frac{1}{T}$$

$$\delta_3 = \frac{1}{T}\left[\sqrt{1 + \frac{2kl^2}{D}} - 1\right]$$

mit $k = 4\pi^2 \frac{m}{T_0^2}$ Teil 1: $T_{50} = 25,6\,s$ $m = 0,02\,kg$

$= 4\pi^2 \cdot \frac{0,02\,kg}{0,512\,s^2} = \underline{3,012\,\frac{N}{m}}$ $T_0 = \frac{T_{50}}{50} = \frac{25,6}{50} = 0,512\,s$

$D = M \cdot g \cdot s$ $M = 670,1 \pm 0,5\,g$

$= 0,6701\,kg \cdot 9,81\,\frac{m}{s^2} \cdot 0,334\,m$ $s = 33,4\,cm$

$= \underline{2,1956\,Nm}$

τ_{10}: $l = 10\,cm$ $\tau_{10} = 940\,s$ $\tau_1 = 94\,s$

$l = 20\,cm$ $\tau_{10} = 249,1\,s$ $\tau_1 = 24,91\,s$

$l = 40\,cm$ $\tau_{10} = 66,8\,s$ $\tau_1 = 0,668\,s$

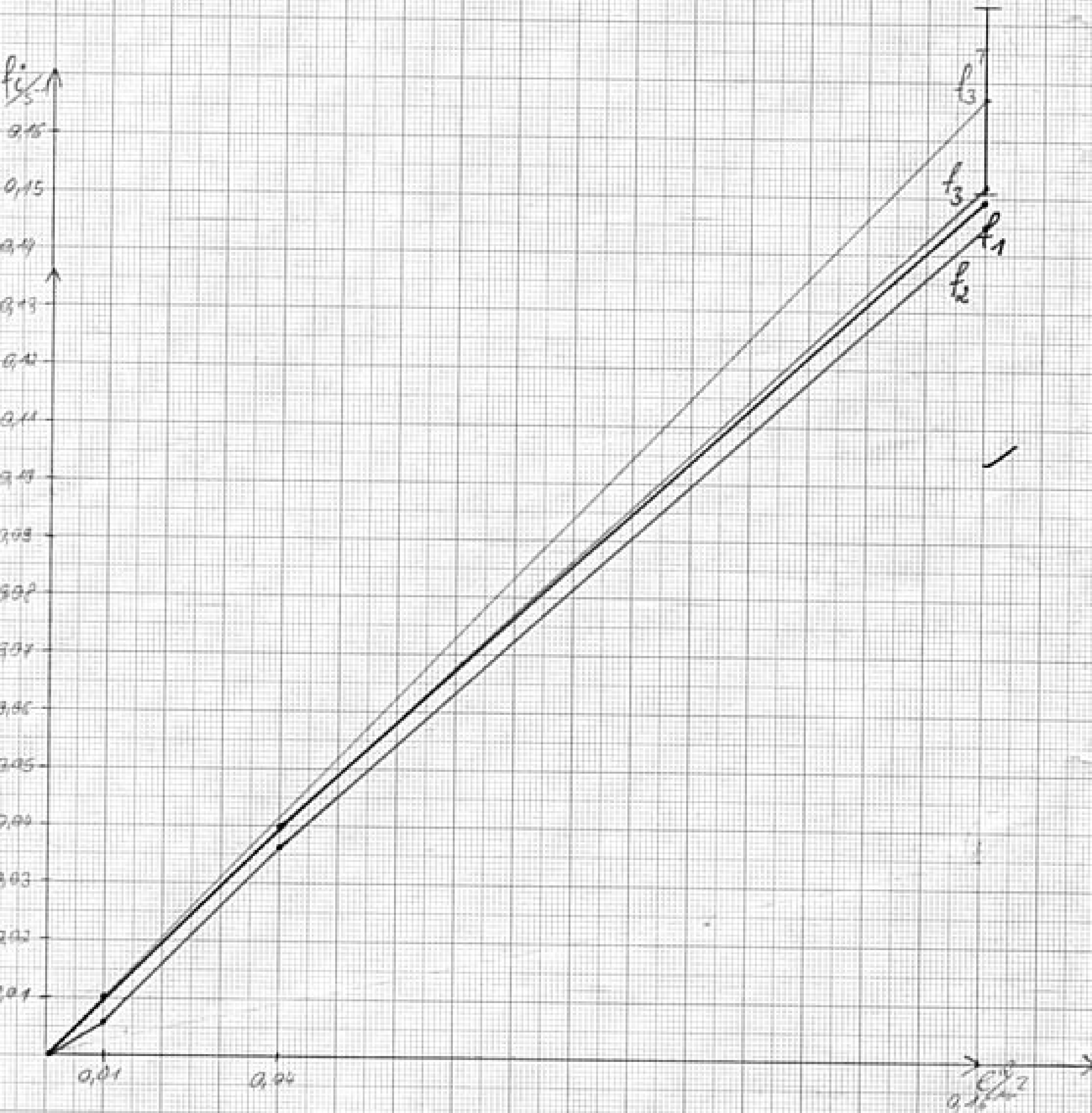
T'_{10}: $l = 10\,cm$ $T'_{10} = 13\,s$ $T'_1 = 1,3\,s$

$l = 20\,cm$ $T'_{10} = 12,5\,s$ $T'_1 = 1,25\,s$

$l = 40\,cm$ $T'_{10} = 11\,s$ $T'_1 = 1,1\,s$

T_{50}: $T_{50} = 65,5\,s$ $T_1 = 1,31\,s$

Diagramm der Schwebungsfrequenz



- Fehlerrechnung

$$f_s^T = \frac{1}{T}\,\frac{k\,l^2}{D} = T^{-1} \cdot k \cdot l^2 \cdot D^{-1}$$

$$\left|\frac{\Delta f_s^T}{f_s^T}\right| = \left|\frac{\Delta T}{T}\right| + \left|\frac{\Delta k}{k}\right| + 2\left|\frac{\Delta l}{l}\right| + \left|\frac{\Delta D}{D}\right| \quad \text{mit } \left|\frac{\Delta k}{k}\right| = 2 \cdot \left|\frac{\Delta T_0}{T_0}\right|,\ \left|\frac{\Delta D}{D}\right| = \left|\frac{\Delta s}{s}\right|$$

$$\left|\frac{\Delta f_s^T}{f_s^T}\right| = \left|\frac{\Delta T}{T}\right| + 2\left|\frac{\Delta T_0}{T_0}\right| + 2\left|\frac{\Delta l}{l}\right| + \left|\frac{\Delta s}{s}\right|$$

$\Delta l = \Delta l_{sys} + \Delta l_{zuf}$

$\Delta l = 200 \cdot 10^{-6}\,m + 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}4\,m + 4 \cdot 10^{-3}\,m = \underline{4{,}6 \cdot 10^{-3}\,m}$

$\left|\frac{\Delta l}{l}\right| = \underline{1{,}15 \cdot 10^{-2}}$

$\Delta s = 200 \cdot 10^{-6}\,m + 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}4\,m + 1 \cdot 10^{-3}\,m = \underline{1{,}5 \cdot 10^{-3}\,m}$

$\left|\frac{\Delta s}{s}\right| = \underline{4{,}59 \cdot 10^{-3}}$

$\Delta T = 0{,}4\,s + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 65{,}5\,s + 0{,}05\,s + 0{,}3\,s = \underline{0{,}783\,s}$

$\left|\frac{\Delta T}{T}\right| = \underline{0{,}012}$

$\Delta T_0 = 0{,}4\,s + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 25{,}6\,s + 0{,}05\,s + 0{,}3\,s = 0{,}763\,s$

$\left|\frac{\Delta T_0}{T_0}\right| = \underline{0{,}029}$

$\left|\frac{\Delta f_3^T}{f_3^T}\right| = 0{,}012 + 2 \cdot 0{,}029 + 2 \cdot 1{,}15 \cdot 10^{-2} + 4{,}59 \cdot 10^{-3}$

$= \underline{0{,}09759} \rightsquigarrow \underline{9{,}76\,\%}$ ✓

$\Delta f_3^T = \underline{0{,}0163\,s^{-1}}$

$\underline{f_3^T = 0{,}167\,s^{-1} \pm 0{,}0163\,s^{-1}}$ ✓

Diskussion:

- im Diagramm ist erkennbar, dass die Messwerte f_3 die ermittelte Schwingfrequenz im Vgl. zu Taylorkurve nach unten abweichen
  ⇝ dies ist mit der Taylornäherung zu erklären, da nach dem linearen Teil die Taylorreihe abgebrochen wird
- f_1-Kurve ist durch $f = \frac{1}{T}$ mit nur einem, den wenigsten, Fehlern behaftet und würde somit das genaueste Ergebnis liefern. ✓
  ⇒ der Nachteil dieser Methode ist aber der hohe Zeitaufwand
- für kleine l sieht man, dass f_1 und f_3 sehr genau sind, da sie da sehr nah an der Taylor-Kurve liegen, welche für kleine l eine sehr gute Näherung an den wahren Wert ist, für große l aber ungenauer wird.

- f_2 ist eine schlechte Methode, da sie schon im Bereich sehr kurzer l stark von der Taylorkurve abweicht.

→ dieser Fehler entsteht durch den hohen Fehleranteil von $\nabla f'$, da $\nabla f'$ hier sehr klein ist und der Fehler zu einem hohen Prozentsatz eingeht.

10/20 [illegible]